

Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Atividades Educacionais de Realidade Aumentada do Ensino de Ciências da Natureza

A Systematic Literature Review on the Educational Activities of Augmented Reality in Teaching Natural Sciences

Wilson Vanucci Costa Lima¹, Felipe Becker Nunes², Fabrício Herpich³, Cesar de Oliveira Lobo¹

¹ Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

² Antonio Meneghetti Faculdade, Restinga Seca-RS, Brasil

³ Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

wilsonvanucci1@gmail.com, nunesfb@gmail.com, fabricao_herpich@hotmail.com, cesarolobo@gmail.com

Recibido: 08/08/2020 | Aceptado: 19/12/2020

Cita sugerida: W. Vanucci Costa Lima, F. Becker Nunes, F. Herpich, C. de Oliveira Lobo, "Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Atividades Educacionais de Realidade Aumentada do Ensino de Ciências da Natureza," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 29, pp. 9-19, 2021. doi: 10.24215/18509959.29.e1

Esta obra se distribuye bajo **Licencia Creative Commons CC-BY-NC 4.0**

Resumo

O presente artigo tem o objetivo de analisar a aplicabilidade da Realidade Aumentada (RA) no âmbito educacional, com foco no ensino de Ciências da Natureza, através de uma revisão bibliográfica, norteadas pelo procedimento de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Através de buscas em mecanismos de buscas acadêmicos (MBAs), foram coletados um total de 184 artigos entre 2010 e 2018 e analisados, com base em critérios de inclusão e exclusão, um total de 15 trabalhos. Foram analisados conteúdos abordados, principais plataformas de desenvolvimento de RA e suas contribuições e potencialidades no processo de ensino e aprendizagem. Como resultados gerais, foi possível identificar que a inserção de RA na Educação é promissora e é possível identificar competências intrínsecas nas aplicações das atividades no ensino de Ciências da Natureza.

Palavras-chaves: Realidade aumentada; Ensino e aprendizagem de ciências da natureza; Tecnologias na educação; Revisão sistemática da literatura.

Abstract

The present article has the objective of analyzing the applicability of the Augmented Reality (AR) in the educational scope, focusing on the teaching of Natural Sciences, through a bibliographical revision, guided by the Systematic Review of Literature (RSL) procedure. A total of 184 articles were collected between 2010 and 2018, and a total of 15 papers were analyzed based on inclusion and exclusion criteria, through searches in academic search engines (MBAs). The contents discussed, main platforms for the development of AR and their contributions and potentialities in the teaching and learning process were analyzed. As a general result, it was possible to identify that the insertion of AR in Education is promising and it is possible to identify intrinsic competences through applications of activities in the teaching of Natural Sciences.

Keywords: Augmented reality; Teaching and learning of natural sciences; Technologies in education; Systematic review of literature.

1. Introdução

Nos últimos anos, o tópico da integração curricular das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) tem sido objeto de inúmeras experiências pedagógicas, projetos de intervenção e/ou investigação de pequena ou larga escala, constituindo um enorme desafio para as políticas educacionais em diversos contextos de decisão, a começar pela esfera de ação dos decisores e reformadores curriculares [1]. Desta forma, a introdução das TIC tem proporcionado novas possibilidades de uso dos recursos computacionais, como elemento de apoio nos processos de ensino e aprendizagem.

Ao mesmo tempo, é inegável sua importância na formação do estudante frente a uma sociedade tecnológica em pleno desenvolvimento, exigindo de seus cidadãos características desenvolvidas no estudo de Ciências da Natureza, em áreas como a Física, abrangendo a capacidade de resolução de problemas, compreensão de grandezas físicas presentes no dia a dia, compreensão dos fenômenos físicos cotidianos e de suas possíveis consequências [2].

O uso de tecnologia é pouco utilizado em sala de aula, seja por causa do custo e manutenção periódica quanto pela falta de formação para o seu uso pelos professores [3]. Essa situação reflete a carência de recursos que subsidiem a prática do professor, bem como falhas na formação inicial. Esse cenário contribui para ausência da experimentação no cotidiano escolar [4]. Dentre as alternativas tecnológicas existentes neste contexto, é possível notar que a pesquisa em Realidade Aumentada (RA) na educação está evoluindo rapidamente [5].

Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite combinar informações reais com outras informações sintéticas ou virtuais [6] e surge como uma ferramenta promissora nas aplicações educacionais, uma vez que possibilita explorar os seus recursos virtuais para com um viés educacional, acrescentando a estas soluções a apresentação em escala de elementos virtuais tridimensionais, entre outras funcionalidades.

Embora a tecnologia RA não se trate de uma novidade, Chen e Tsai [7] afirmam que seu potencial em aplicações educacionais está sendo explorado somente agora. Na perspectiva de tecnologia para a educação, Santos et al. [8] definem a RA como multimídia (texto, som, imagens, animações, etc.) que é exibido em relação ao ambiente real.

Segundo Kirner e Siscoutto [9], a RA enriquece o ambiente real com objetos virtuais em tempo real, por meio de dispositivo tecnológico. Nesse mesmo aspecto, Rosa [10] argumenta, em um contexto de Educação Matemática, que a RA proporciona para os usuários uma experiência diferente em relação a uma tela de computador, na qual possui objetos virtuais fixos em um ambiente Cibernético, isto é, há interação diferente em relação à visualização, sensação e compreensão.

Desta forma, o objetivo deste artigo foi analisar a aplicabilidade da RA no âmbito educacional, com foco no ensino de Ciências da Natureza. Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) norteada por três questões de pesquisa, que englobam o uso da RA para o ensino de Ciências da Natureza sob a perspectiva dos tópicos de aprendizagem abordados, suas formas de aplicação e métodos de avaliação do ensino e aprendizagem. Kitchenham et al. [11] afirmam que a metodologia recomendada para agregar estudos empíricos é uma abordagem RSL, que está presente em vários estudos atuais, sendo considerado adequada para o escopo desta pesquisa.

1.1. Trabalhos Relacionados

Com o intuito de fornecer uma visão ampla aos leitores deste artigo acerca de iniciativas que vêm sendo trabalhadas no meio acadêmico envolvendo o campo de pesquisa abordado de maneira geral e o método de trabalho proposto, com o uso de RSL, foram analisados alguns trabalhos relacionados e suas similaridades/diferenças.

Pereira et al. [12] realizaram uma pesquisa de RSL sobre o uso Tecnologias Digitais Educacionais (TDE) utilizadas para Modelagem Matemática na Educação de Matemática. Foram revisados, teses e dissertações, publicadas entre 2010 e 2016. No primeiro momento foram encontrados um total de 49 trabalhos, ao final de todos processos de seleção analisados 5 trabalhos. Além de explicitar os softwares utilizados na modelagem matemática, um dos resultados da pesquisa mostra que o uso de TDE pode incentivar os alunos na tentativa de analisar e compreender situações e fenômenos presentes no cotidiano como forma de sistematização e aprendizagem de conceitos escolares.

Na pesquisa construída por Pasqualetto et al. [2] foi proposta da mesma forma deste artigo, uma RSL com foco diferenciado na área de Aprendizagem Baseada em Projetos no contexto do Ensino de Física. O protocolo foi estabelecido com a seleção de publicações entre 2005 e 2015 de revistas especializadas, nacionais e estrangeiras, da área de ensino de Física, tendo como foco o uso da Aprendizagem Baseada em Projetos. De um total de 263 artigos encontrados, ao final de todos processos de seleção foram selecionados e analisados 41 artigos. Como resultados, foi realizada uma revisão histórica sobre a área, além de haver a predominância da metodologia qualitativa nas pesquisas sobre o tema, considerável dispersão das concepções e orientações metodológicas e preocupante descuido acerca dos referenciais teóricos de aprendizagem.

Moreira et al. [13] também realizou uma RSL na área de Ensino de Física com ênfase no uso de recursos relacionados ao Arduino. O método proposto, englobou artigos nacionais na área de ensino de Ciências e Física do Brasil no período de 2013 a 2017, levando em consideração o nível de classificação Qualis da Capes. Foram selecionados um total de 20 artigos, sendo

classificados em duas categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula, e propostas didáticas para aplicação em sala de aula. Os resultados obtidos identificaram o crescimento de pesquisas na área de ensino de Ciências e Física, com especial ênfase no quesito de abordagens experimentais que podem ser realizadas por meio de laboratórios didáticos.

Dentre as principais similaridades identificadas ao analisar os respectivos trabalhos percorridos anteriormente, foi possível constatar que todos fizeram uso de uma abordagem de RSL, dentro do contexto de ensino e aprendizagem, com artigos somente em nível nacional ou mesclados entre publicações nacionais e internacionais. Os períodos de busca também se assemelham, assim como o intuito de buscar motores de busca, revistas e congressos com reconhecimento de Qualis da Capes.

Com relação às diferenças propostas para esta pesquisa, em contraste com os trabalhos mencionados anteriormente, se torna possível identificar que nenhum deles abordou especificamente uma RSL na área de Realidade Aumentada no ensino de Ciências da Natureza. Além disso, também deve-se destacar que neste artigo é proposta uma análise baseada em 3 pilares norteadores: tópicos de aprendizagem, formas de aplicação e avaliação de ensino e aprendizagem.

1.2. Realidade Aumentada na Educação

Dada a sua versatilidade, é crescente a combinação dos recursos aumentados com tecnologias emergentes voltadas para a área educacional, tais como os dispositivos móveis, jogos educacionais, entre outros. A RA surge como uma perspectiva com potencial para complementar as aplicações educacionais, uma vez que possibilita explorar os seus recursos virtuais para com um viés educacional, acrescentando a estas soluções educacionais a apresentação em escala de elementos virtuais tridimensionais, entre outras funcionalidades.

Neste sentido, [8] enfatiza que a RA oferece um conjunto diferenciado de características, e assim, pode ser usada de forma diferente das demais tecnologias existentes na área educacional, sendo algumas dessas características a inserção de anotações no mundo real, visualização contextualizada, ótica e háptica.

Em relação às vantagens oferecidas pelos recursos multimídia desenvolvidos em RA, uma característica considerada relevante e que promove uma ampla aceitação no uso desses recursos para fins educacionais é: a) baixo custo, uma vez que os investimentos se limitam ao desenvolvimento tecnológico, sendo extinto os custos para a compra de vários equipamentos de laboratório e sua manutenção, além de contratar os profissionais para gerenciar as atividades práticas [14].

Com relação aos usos e aplicações dos recursos de RA na educação, é possível identificar diversas pesquisas sendo realizadas e que demonstram a existência de diversas soluções computacionais já auxiliando a sociedade em diversos campos. Dentre as áreas mais proeminentes,

estão às entretenimento, marketing e publicidade, turismo [15], automobilismo [16], assistência à saúde, treinamento e educação [17]-[18]-[19], juntamente com outras áreas [20], todas convergindo para o desenvolvimento de conteúdo e soluções interativas, permitindo uma experiência agradável e enriquecedora aos seus usuários.

2. Método de pesquisa

Para atingirmos o objetivo deste artigo, foi efetuado uma pesquisa exploratória, com vista a realizar um estudo por meio da coleta de artigos publicados em eventos (congressos, simpósios, seminários) e revistas eletrônicas entre 2010 até 2018 sobre o tema proposto, e analisar os resultados das pesquisas, considerações e conclusões feitas por diversos autores acerca do uso da RA no ensino de conteúdos da área de Ciências da Natureza.

Para elucidar a aplicabilidade da Realidade Aumentada no âmbito educacional, com foco no ensino de Ciências da Natureza nos últimos oito anos, foi realizado um seguimento de RSL com o procedimento definido por [11]. O procedimento de RSL é organizado nas fases de definição, execução e análise. Primeiro, um protocolo para a revisão é definido, determinando as questões de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, fontes de extração dos dados e a string de pesquisa. Segundo, na fase de execução, a revisão do protocolo é aplicada para pesquisar e identificar estudos relevantes, considerando os critérios de inclusão e exclusão definidos na primeira etapa. Por último, na fase de análise, os estudos selecionados são analisados e os dados são extraídos para responder às questões de pesquisa definidas e para alcançar o objetivo desta RSL.

As questões de pesquisa (QP) definidas são:

QP1: Quais são os conteúdos de aprendizagem em Ciências da Natureza abordados com o uso da Realidade Aumentada?

QP2: Como tem sido desenvolvido a Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza?

QP3: Como o uso da Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza tem sido avaliado?

De acordo com o objetivo e questões de pesquisa, foram definidos os seguintes **Critérios de Inclusão** para a seleção apenas de estudos relevantes: O estudo apresenta o uso de RA no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza; O estudo tem resultados que correspondem ao objetivo definido para o artigo e os instrumentos utilizados na avaliação da RA no ensino de Ciências da Natureza; O estudo explicita a plataforma de desenvolvimento de RA ou um módulo que permite o acesso por meio de dispositivos móveis ou sistemas webs; O estudo foi escrito em Português, Inglês ou Espanhol e as palavras-chave estão presentes na estrutura do artigo como um todo; O estudo foi publicado entre 2010 e 2018 (Este intervalo de anos foi definido com o objetivo de encontrar

apenas pesquisas atualizadas usando tecnologias desenvolvidas nos últimos anos).

Desta mesma forma, foram definidos os **Critérios de Exclusão**: O estudo não apresenta o uso de RA no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza, ou seja, só tem os termos pesquisados no texto do artigo; O estudo apresenta relatórios técnicos ou documentos na forma de resumos, apresentações ou revisões da literatura secundária; O estudo centra-se apenas em aspectos teóricos e filosóficos (sem definição de técnica, aplicação e / ou metodologia); O estudo não apresenta os resultados de forma clara e os instrumentos utilizados na avaliação da RA no ensino de Ciências da Natureza; O estudo foi escrito em um idioma diferente do Português, Inglês ou Espanhol; O estudo não foi publicado entre 2010 e 2018.

A coleta dos artigos foi realizada por Mecanismos de Busca Acadêmicos (MBA). Segundo Bunchingher, Cavalcanti e Hounsell [21], o “mecanismo de busca” é a composição de site, motor de busca, recursos de interface e conjunto de bases de dados que cobrem uma determinada área do conhecimento, visando facilitar a identificação de materiais específicos e relevantes. Portanto, os MBA facilitam o acesso às publicações científicas, com a possibilidade do uso de diversos filtros de ajuda para buscas mais concisas.

Nesse sentido, foram utilizados os seguintes MBA: **ACM Digital Library**, **IEEEExplore**, **ScienceDirect**, **Scopus**, **Google Acadêmico** e **Portal Periódicos da CAPES**.

Para construir a cadeia de pesquisa, primeiro escolhemos identificar os conceitos centrais deste trabalho. Portanto, os conceitos centrais são: Realidade aumentada; Ciências; Ensino, aprendizagem e educação. Para complementar a pesquisa realizada também são utilizados os sinônimos: realidade mista; Ensino de Ciências e Aprendizagem de Ciências.

Utilizando os conceitos centrais e os sinônimos, a string de busca foi construída de forma genérica: (“realidade aumentada” OR “realidade mista”) AND (“ensino de Ciências” OR “Aprendizagem de Ciências” OR “Ciências”) AND (“ensino” OR “aprendizagem” OR “educação”). Com base na string de pesquisa, ela foi personalizada de acordo com a sintaxe específica de cada uma dos MBA.

2.1. Execução da revisão

A RSL foi realizada entre outubro e dezembro de 2018. Na primeira etapa (Etapa 1), a sequência de pesquisa foi aplicada às fontes de pesquisas selecionadas. Como resultado dessa busca inicial, encontramos um total de 184 artigos. O número específico de artigos para cada banco de dados é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Banco de dados

MBA	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
ACM Digital Library	6	0	0
Google Acadêmico	92	23	11
IEEE Xplore	30	4	2
Portal Periódicos da CAPES	35	6	2
SCOPUS	14	2	0
Science Direct	7	0	0
Total	184	35	15

A segunda etapa da pesquisa (Etapa 2) consistiu na análise dos artigos selecionados na etapa 1, na qual os critérios de inclusão e exclusão foram utilizados para selecionar os artigos para a análise final da RSL. Esta fase consiste em ler os títulos, resumos e palavras-chave dos 184 artigos encontrados na etapa anterior, resultando em 35 artigos incluídos e 149 excluídos.

Finalmente, na terceira etapa (Etapa 3), foi realizada uma leitura completa dos 35 artigos selecionados na Etapa 2, e os critérios de inclusão e exclusão foram novamente aplicados. No final da Etapa 3, 20 artigos foram excluídos e 15 artigos foram considerados para extração de dados. Após a seleção final, os artigos foram analisados e os dados extraídos, visando responder às questões de pesquisa e, conseqüentemente, atingir o objetivo do estudo.

2.1.1. Extração dos dados

Para organizar e facilitar o processo de análise dos dados da RSL, foi criada uma tabela online para o compartilhamento dos artigos selecionados e seus respectivos dados para serem extraídos, que são visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados para serem extraídos

Questão de Pesquisa (QP)	Dados para Extração (DE)	Descrição
QP1: Quais são os conteúdos de aprendizagem em Ciências da Natureza abordados com o uso da Realidade Aumentada?	Referência	Referência do Estudo.
	Conteúdos de ensino de Ciências da Natureza	Tópicos/temas/conteúdos de ensino na área de Ciências da Natureza.

QP2: Como tem sido desenvolvido a Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza?	Plataformas para desenvolvimento	Plataformas de desenvolvimento utilizadas nas abordagens de RA.
	Teorias Educacionais	Teorias da educação que fornece aprendizado utilizando RA.
	Recursos multimídia	Recursos multimídia educativos apresentados em RA e utilizados nas abordagens de RA para promover a educação.
QP3: Como o uso da Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza tem sido avaliado?	Tipo de pesquisa	Tipo de pesquisa definido para avaliação.
	Público-alvo	Público-alvo selecionado.
	Instrumento de coleta de dados	Instrumentos utilizados para coletar dados de avaliação.
	Resultados principais	Síntese dos principais resultados obtidos na avaliação do estudo.

Na tabela acima já constam as descrições de cada dado para Extração. Entretanto, vale ressaltar que os DE consideradas devem estar explícitas nos artigos, ou seja, os dados não explícitos pelos autores foram definidos como "não especificado".

3. Análise e discussão dos resultados

Nesta seção, a análise e as discussões dos dados para cada Questão de Pesquisa, serão abordados separadamente para QP1, QP2 e QP3.

QP1) Quais são os conteúdos de aprendizagem em Ciências da Natureza abordados com o uso da Realidade Aumentada?

Para responder essa pergunta, foi identificado o conteúdo abordado em cada estudo selecionado para a etapa 3. A tabela 3 apresenta os conteúdos abordados:

Tabela 3. Conteúdos

Conteúdo	Autores	Descrição
<i>Motor de Corrente Contínua</i>	Silva, et al. (2011)	Apresentação de arquitetura de RA sobre motor de corrente contínua para alunos do ensino médio.
<i>Astronomia</i>	Silva, et al. (2013)	Aplicação, no Shopping Center do Centro de Recife, de aplicativo de RA usando MS Kinect para realizar curtos trajetos em sobrevoo da Lua, dos planetas e Sol.
	Abreu e Souza (2015)	Aplicação de uma sequência de ensino sobre sistema solar através RA.
	Abreu e Souza (2016)	Aplicação de uma sequência de ensino sobre o Sistema Solar através de RA.
<i>Propriedades do Som</i>	Gomez, et al. (2014)	Utilização do software Music-AR para ensinar percepção musical.
	Nunes, Martins e Corrêa (2015)	Utilização do software Music-AR para ensinar percepção musical.
<i>Termodinâmica</i>	Silveira, Schuhmacher e Schuhmacher (2014)	Construção de um Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA) em realidade virtual aumentada para o ensino de dilatação térmica de materiais.
<i>Corpo humano e os sistemas que o compõem</i>	Fracchia, Armiño e Martins (2015)	Utilização de RA para o ensino de tópicos abordados em Ciências Naturais no nível primário (5ª série).
<i>Flutuabilidade</i>	Oliveira e Manzano (2016)	Aplicação de um material didático contendo elemento de RA a nível de ensino médio, envolvendo problema de empuxo, problematizada com inspiração da cena do filme Titanic, para professores da educação básica, licenciandos em Física e alunos de pós-graduação.
<i>Processos de Transferência de Energia Térmica</i>	Gonçalves, Oliveira e Vettori (2017)	Alunos desenvolveram ambientes de RA para responder e discutir perguntas-desafios em

		data previamente definida.
<i>Blindagem Eletrostática</i>	Denardin e Manzano (2017)	Análise de elementos de RA, incorporado em páginas de apostila que aborda blindagem eletrostática.
<i>Célula vegetal, animal e vírus</i>	Araujo, et al. (2017)	Aplicação de um canal de RA chamado Doctor Bio no ensino fundamental
<i>Conservação de Energia e Entropia</i>	Yevseyeva, et al. (2017)	Apresenta o desenvolvimento de um produto educacional de RA onde são utilizadas variantes do jogo de xadrez como ferramenta para o ensino de conceitos físicos através de analogias.
<i>Formação Inicial de Professores de Ciências da Natureza</i>	Ferreira, Ribeiro e Cleophas (2018)	Aplicações dos smartphones para auxílio no ensino e aprendizagem de Química para 42 professores em formação inicial. Mediados pelo uso dos dispositivos móveis e apoiados na usabilidade do QR-codes e da RA.
<i>Formação Continuada em Ciências da Natureza</i>	Júnior e Rebouças (2018)	Apresentação para professores, das disciplinas de História, Química e Biologia de Educação Básica, exemplos de sequências didáticas, com inserção de RA.

Dos 15 trabalhos selecionados para extração de dados, dez (10) foram publicados em Eventos e cinco (5) foram publicadas em Revistas Eletrônicas. Os trabalhos aplicados a professores das áreas de Ciências da Natureza, assim como na formação inicial na área, foram selecionados para identificar de que forma a RA pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem na concepção dos professores

O tema de Astronomia foi aplicado em três trabalhos diferentes. Porém, nos trabalhos de Abreu e Souza [22] e Abreu e Souza [23], eles aplicam a mesma sequência didática, utilizando RA no ensino de astronomia, para sujeitos de pesquisas diferentes, porém para o mesmo nível de ensino. O mesmo acontece nos trabalhos dos autores Gomez et al. [24] e Nunes, Martins e Corrêa [25], onde eles aplicam a mesma atividade utilizando RA na educação musical para sujeitos de pesquisas diferentes, mas da mesma faixa etária.

Além disso, percebemos na tabela 3 que a aplicação de atividades utilizando RA vem aumentando durante os

últimos anos, como pode ser visto no intervalo entre 2015 e 2018 (quatro anos), quando foram publicados um total de onze trabalhos, já entre de 2011 até 2014 (quatro anos) foram publicados apenas quatro. Tais dados formam um indicio de interesse das potencialidades das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem. Esse interesse colabora com um dos focos na BNCC, que aborda o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para a realização de uma série de atividades relacionadas a todas as áreas do conhecimento. Entre as competências e habilidades definidas nesta etapa que o aluno deve desenvolver, podemos destacar o uso diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento [26].

Ainda em relação aos conteúdos, notou-se uma grande variação de atividades de RA no ensino de Ciência da Natureza, ou seja, foram utilizadas muitas vezes em conteúdos abordados em níveis, ou da época do ano letivo, diferente da educação básica. Na BNCC do ensino médio os mesmos são referidos, como estímulo de estudo, nas três competências específicas que o estudante deve desenvolver durante a educação e ainda enfatizam a possibilidade de usar tecnologia, como o exemplo citado acima, para esse processo [26].

QP2) Como tem sido desenvolvido a Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza?

Para responder essa questão, foram analisados se os autores utilizaram tecnologia e ferramentas computacionais para construir plataformas de RA ou se utilizaram plataformas já existentes. Em cima disso, foram identificados quais recursos multimídia educativos foram apresentados em RA para promover a educação. Finalmente, revisamos se os autores se basearam em alguma teoria educacional para a abordagem das atividades e se tal referencial teórico foi explicitado no trabalho.

Os trabalhos que se aprofundaram no desenvolvimento de software de RA, usaram as seguintes ferramentas computacionais: Papervision3D, FLARToolkit, BlazeDS e Flash Player [27]; Adobe Flash Professional CS5.5, Adobe AIR, Flash Devolp, ActionScript, Flash Feather e Ostrich [28]; PostgreSQL, jQuery, PHP, Eclipse, FLARToolkit, Papervision3D [22]. O trabalho [24] utilizou-se da ferramenta Flash Augmented Reality Authoring System (FLARAS), que nada mais é que uma ferramenta de autoria visual de aplicações interativas de RA, onde o usuário pode manipular objetos 3D sem um conhecimento avançado de área de computação.

Outra ferramenta usada para criação de conteúdos de RA é o software LAYAR, usado nos trabalhos dos conteúdos de *Flutuabilidade*, *Processos de Transferência de Energia Térmica* e *Blindagem Eletrostática*. Ele é, majoritariamente, destinado às áreas de publicidade, arquitetura e turismo, mas desde meados de 2015 vem

sido utilizado para o ensino [29]. Outros trabalhos utilizaram os *softwares* Aumentary [30], Aurasma [31] e plataforma online augment.com [32] para criação dos conteúdos de RA. Outro exemplo de softwares para criação de atividades em RA é apresentado por [6]; inicialmente, realizaram uma pesquisa de diversos softwares que trabalham com RA e, finalmente, optaram pelos softwares BuildAR, Aumentary Autor e Realit3, Anatomy 4d e iSkull AR. Já [27] explorou a aplicação da tecnologia MS Kinect que possibilita a interação gestual do usuário com o software Universe Sandbox, na qual possibilita ao usuário explorar virtualmente o universo.

Entre essas plataformas, vale a pena destacar as plataformas de edição (PE) Aurasma, Aumentary, augment.com, Flaras e LAYAR. Herpich, Guarese e Tarouco [34] consideram que esse tipo de plataforma facilita e torna possível o desenvolvimento de criação de software, sem requerer um conhecimento necessário de implementação de algoritmos, uma vez que essas plataformas não exigem que o criador escreva código para os algoritmos, exigindo apenas que ele adicione recursos de RA, como mídia virtual e modelos tridimensionais, a uma plataforma de gerenciamento baseada na web. Portanto, docentes da educação básica podem, a partir das PE, criar elementos de RA, para auxiliar a prática pedagógica, sem muitas dificuldades em relação ao conhecimento de informática.

Em relação aos recursos multimídias utilizados, a maioria dos trabalhos aplicaram objetos virtuais 3D, textos informativos e/ou educacionais e gifs animados em RA. Entre esses, os trabalhos do tema *Propriedades do Som* utilizaram também, devido ao tema do trabalho, o recurso de áudio. Os trabalhos dos conteúdos de *Flutuabilidade*, *Processos de Transferência de Energia Térmica*, *Blindagem Eletrostática* e *Célula vegetal, animal e vírus* não utilizaram do recurso de objetos virtuais 3D, porém, aplicaram textos informativos e/ou educacionais, imagens, gifs animados, vídeos, acesso à web sites (somente em *Blindagem Eletrostática*) e simulação virtual (somente em *Flutuabilidade*).

Geralmente são aplicadas, no âmbito educacional, textos, vídeos e imagens, que são mídias mediadas por tecnologia, que contribuem para compreensão do conteúdo estudado de maneira mais ampla, não somente por meio da explicação descritiva e abstrata de conceitos, mas através da visualização e interação com esses temas [35]. Porém, percebemos a grande quantidade da inserção de objetos virtuais 3D, nos ambientes de RA, pois os mesmos, segundo [29], colabora com a interação do estudante com significados que o objeto contém, ou seja, já que RA permite visualizações de detalhes de objetos em 3D, consequentemente, a visualização mais próxima de fenômenos da natureza e conceitos que professores pretendem ensinar, fugindo de demonstrações bidimensionais que geralmente são mostrados nos quadros-negros e livros didáticos.

O professor de física avaliador, do trabalho de *Termodinâmica* reconhece a potencialidade dessa mídia na

Educação, mas o mesmo apresenta considerações conceituais, em relação ao fenômeno, que indica a necessidade da participação de professores da área de ensino de Ciências da Natureza em projetos de desenvolvimento de RA. Mas certa cautela é necessária em relação ao excesso de informações das mídias para não dificultar a sua construção do conhecimento do aluno. Nesse sentido, Bates [36] destaca, com abordagem construtivista de Vygotsky de Zona de Desenvolvimento Proximal, que "[...]a riqueza de mídias pode conter uma grande quantidade de informações compactadas em um período de tempo muito curto, e seu valor dependerá em grande parte do nível de preparação do aluno para interpretá-las".

O educador, idealmente, se apoia em teoria que subjaz sua prática, diante disso, as atividades elaboradas em RA, como qualquer outra prática pedagógica, podem ser abordadas com os embasamentos de teorias de aprendizagem. Silva *et al.* [33] tornou explícito a abordagem nesse sentido; o trabalho é apoiado pela teoria Humanista da Educação Popular e os jogos em RA se encontram com a interação dialógica com o educador e educando onde os envolvidos se afetam e se transformam mutuamente. O trabalho [31] se baseou na forma lúdica no processo de ensino e aprendizagem, pois, segundo os autores, é uma prática mais prazerosa e significativa, e por meio da RA ocorrerá, através de uma certa sensação de liberdade espontânea no processo educacional, o desenvolvimento integral do aluno. Nesse mesmo aspecto lúdico, [28] desenvolvem um Objeto Virtual de Aprendizagem, onde quem o utiliza deve interagir com os conceitos do objeto do recurso educacional. Os demais trabalhos não se aprofundam em alguma teoria específica educacional, porém, como os já citados, abordam a importância da utilização de TIC na Educação. [22] apontam alguns aspectos em relação a TICs:

"...as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) permitem criar ambientes que ampliam possibilidades de formas de interação e intervenção no processo de ensino e aprendizagem. Ao usar TIC em sua prática pedagógica, o professor, tem em mãos uma alternativa que pode enriquecer suas aulas com utilização de vídeos, simuladores, aplicativos educacionais, entre outros."

A infraestrutura de boa qualidade, para utilização de TIC, no ambiente escolar está atrelada a utilização da RA na educação. Denardin e Manzano [37], pelas falas dos alunos, evidenciaram que problemas de acesso à Internet é um ponto negativo da atividade. Em [23] apontam a necessidade de conter profissionais de informática na instituição, para dar suporte aos professores quando optarem pela utilização de TIC em suas aulas. Esses resultados, infelizmente, evidenciam os problemas de TIC mencionados por Soares-Leite e Nascimento-Ribeiro [38], onde, mesmo considerando a ampliação substancial ao acesso às novas tecnologias para boa parte da população, "[...] observa-se que os avanços no sentido de transformar e qualificar o processo de ensino através da adoção de um

novo modelo ainda caminha a passos lentos". A inserção da tecnologia no ambiente escolar se não levada a sério acaba prejudicando a aprendizagem do aluno, consequentemente, a formação de um cidadão brasileiro.

QP3) Como o uso da Realidade Aumentada no ensino de conteúdos de Ciências da Natureza tem sido avaliado?

Para responder essa questão foram coletados os dados mencionados na Tabela 3 e então foi redigido resumos, de cada trabalho, com os principais resultados em relação ao ensino e aprendizagem e utilização da tecnologia de RA. Os principais resultados, em relação ao processo de ensino e aprendizagem, são apresentados em seguida.

Inicialmente, para ter uma noção da caracterização dos trabalhos analisados, é interessante explicitar alguns dados sobre o público-alvo, o tipo de pesquisa e instrumentos de coleta de dados: As atividades de RA no ensino de Ciências da Natureza foram, majoritariamente, aplicadas em turmas de Educação Básica, tanto no Ensino Médio e Fundamental. Porém, nos trabalhos sobre *Propriedades do Som*, *Astronomia* [33], *Formação em Ciências da Natureza* e *Formação Continuada em Ciências* foram aplicados, respectivamente: para crianças entre 6 e 15 anos; usuários de um Shopping Center do Centro de Recife; estudantes do curso de licenciatura em Ciências da Natureza; e Professores da Educação Básica. A maioria dos trabalhos aplicaram, como instrumentos de coleta de dados, questionários e relatos dos sujeitos de pesquisa, caracterizando uma predominância de pesquisas de caráter qualitativa.

Referente às potencialidades no processo de ensino e aprendizagem, notou-se que a tecnologia promove e desperta interesse dos alunos, tornando o processo *motivador*. Vale a pena destacar alguns desses resultados apresentados: Em [24], apontam que foi possível perceber a *motivação* dos usuários ao usarem o software Music-AR; Para [25], por ser o primeiro contato com RA, as crianças demonstraram curiosidade e *motivação*; No trabalho [29] relatam que a interação de forma livre com as mídias pré-estabelecido por professores, possivelmente *atraem* e *motivam* os alunos a aprender mais; Gonçalves, Oliveira e Vettori [39] descrevem que atividade deixou os alunos *motivados* em aprender, por ser diferente do que geralmente faziam; [37] destacam que a RA pode *motivar* os alunos nos conteúdos abordados pelos professores; [32] por meio de uma análise de critério, sobre *ânimo* de aprender os conceitos físicos abordados, destaca que o produto educacional combinando xadrez e RA tornou o processo educacional mais *agradável e interessante*; no trabalho de Ferreira, Ribeiro e Cleophas [40] os participantes da pesquisa classificaram as atividades de RA *motivante*.

No estudo de De Oliveira [41] é abordado a utilização da motivação como estratégia fundamental para a efetivação da aprendizagem de acadêmicos. Através dos subsídios teóricos de aprendizagem de Piaget, Vygotsky e Ausubel, ela descreve:

"Piaget defende a motivação como o instrumento de instigar o aluno a solucionar os desafios propostos pelo professor. O professor, para Piaget, portanto, deve estabelecer desafios que motivem seus alunos a solucioná-los. Vygotsky, como os demais, acredita que um aluno motivado terá um rendimento melhor do que um aluno não motivado. A motivação seria a chave para o aprendizado; por meio dela os conteúdos seriam mais bem compreendidos. Ausubel atribui à motivação o interesse de conseguir realizar determinada tarefa e o aprendizado que se criou por intermédio dessa realização"

Percebe-se que a motivação é um fator importante no processo de Ensino e Aprendizagem. As implementações de atividades de RA no âmbito educacional afloram muito bem o quesito motivação e colaboram com a variação de metodologias do docente, podendo impulsionar os alunos a terem uma aprendizagem significativa. Aqui vale ressaltar a competência do professor na aplicação das atividades, em relação a concepção teórica e metodológica de Ensino e Aprendizagem. Nesse sentido, no trabalho de [22], a professora regente da turma assinalou que a tecnologia promove e desperta interesse dos usuários com o conteúdo, porém, sentiu falta de questões desafiadoras e problematizadoras durante a atividade, indicando a preocupação, da professora, na construção do conhecimento dos alunos. A preocupação das potencialidades da tecnologia de RA de modo integral na educação dos alunos também é abordado na aplicação das atividades de [6], onde foi estimulada a criação de um espaço que os professores coordenadores da atividade pudessem discutir, analisar e refletir sobre os resultados alcançados, identificando fragilidades e pontos fortes para, em conjunto, gerar recomendações nos currículos que contemplem a RA.

Outro conceito que aparece muito nos trabalhos é *interação* entre tecnologia, aluno e professores. No trabalho de [22] eles relatam que a atividade promoveu *interação* com os alunos e os professores; nos resultados de [29] o material de RA aproxima os nativos digitais (geralmente alunos) e os imigrantes digitais (geralmente professores); [39] destacam que a RA proporciona a *interatividade* com a tecnologia que os alunos possuem, assim como a interação entre eles; para [31] os alunos ficaram mais animados, *colaborativos e interativos* ao utilizarem dispositivos móveis para aprender.

Em uma abordagem construtivista de Vygotsky, abordado por Moreira [42], a interação social, de pelo menos duas pessoas intercambiando significados, é considerada fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. Ele enfatiza:

"Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos envolvidos no processo ensino-aprendizagem devam falar e tenham oportunidade de falar"

As atividades de RA além de promover a interação social, pode estimular, entre os usuários, o intercâmbio de conceitos que professores pretendem ensinar, ou seja, auxilia em um ambiente onde alunos e professores, que estão envolvidos em processo de ensino e aprendizagem, falam e compartilham significados.

Vale a pena destacar o trabalho [39], pois a atividade de RA, organizada de modo a prover problemas desafios que os alunos resolvam colaborativamente, em pequenos grupos a fim de apresentar para turma posteriormente, enfatiza a aprendizagem centrado no aluno, com participação ativa dos estudantes. Essa aprendizagem vai o viés de Moreira [43], na qual o aluno deve aprender a aprender, e o importante é que nessas atividades os alunos colaborem, discutam, discordem, busquem consensos. Tudo isso contribui para a captação de significados, para que o aluno sinta que o ensino está centrado nele, que o foco do ensino é a sua aprendizagem. O professor, por ser o mediador da atividade educacional, deve escolher cuidadosamente e organizar situações colaborativas de aprendizagem que façam sentido e sejam relevantes para os alunos [43].

Mesmo que o recurso de RA se torne um aliado ao professor, o mesmo, deve-se preparar para mediar a construção do conhecimento e a interação dos alunos, em relação a tecnologia e conteúdo. Em [32] reforça essa ideia no seu trabalho de aplicação de RA, que tem como objetivo facilitar regras dos jogos de xadrez e ensinar *Conservação de Energia e Entropia*; isto é, o conteúdo trabalhado é, provavelmente, de entendimento do professor, porém, a preparação para sanar dúvidas de xadrez é algo que ele deve procurar se aprimorar e/ou aprender para poder sanar dúvidas dos estudantes.

Conclusões

Através desse artigo podemos destacar algumas competências no momento de criação e utilização de atividades de RA: interdisciplinaridade na criação das plataformas RA - mesmo que exista PE de RA, as mesmas podem apresentar limitações, portanto, é necessária a participação de docentes dessa área na construção de RA, para evitar conceitos científicos errôneos; concepções na aplicação de atividades de RA - mesmo que essas atividades apresentem potencial em motivar e engajar os alunos, o docente a fim de aflorar essas potencialidades, devem se apropriar, antes de tudo, em abordagem teóricas e metodológicas de processo de ensino e aprendizagem para torná-las efetivas no que se propõem; sobrecarga cognitiva - o excesso de informação na mídia de RA pode dificultar a aprendizagem do estudante que não está preparado, portanto, o professor deve utilizar, por meio de mediação responsável, os métodos e informações centrais que auxilie o processo de ensino e aprendizagem; limitações no ambiente de aplicação - A RA deve ser aplicado em ambiente previamente analisado e preparado. A qualidade de infraestrutura escolar, principalmente ao uso de tecnologia, deve estar adequada, ou até o docente pode procurar, ao identificar dificuldades, resolvê-las

quando possível. Falta de tecnologias adequadas ou acesso de Internet pode causar desmotivação no processo de ensino e aprendizagem.

Por meio da pesquisa realizada foi possível mapear e explorar mais a fundo a eficácia das PE, que facilitam a criação de elementos de RA sem um conhecimento avançado de informática, e dos objetos virtuais 3D vinculado a RA que enriquece a experiência de visualização e compreensão.

Utilização de RA na educação é uma alternativa para atividades no ensino de Ciências da Natureza em diversos conteúdos que apresentam fenômenos atrelados a conceitos muitas vezes de difícil abstração. Nesse viés, a inserção de RA na educação pode ser uma importante ferramenta para a contribuição no processo de ensino e aprendizagem, além de ser uma alternativa para desenvolvimento de competências específicas do estudante norteadas pela BNCC. Porém, a utilização destas tecnologias deve ser estimulada de forma consciente e integrado por todos que fazem parte desse processo.

Referências

- [1] R. Vanderlinde and J. Van Braak, "A new ICT curriculum for primary education in Flanders: defining and predicting teachers' perceptions of innovation attributes," *Educational Technology & Society*, vol. 14, no. 2, pp. 124-135, 2011.
- [2] T. I. Pasqualetto, E. A. Veit and I. S. Araujo, "Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura," *RBPEC*, vol. 17, no. 2, pp. 551-577, 2017.
- [3] F. Rezendo, A. M. A. Lopes and J. M. Egg, "Identificação de Problemas do Currículo, do Ensino e da Aprendizagem de Física e de Matemática a partir do discurso de Professores," *Ciências e Educação*, vol. 10, no. 2, pp. 185-196, 2004.
- [4] F. L. A. Pena and A. R. Filho, "Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área," *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 9, no. 1, 2009.
- [5] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat and K. Kinshuk, "Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 35, no. 2, pp. 102-117, 2009.
- [6] C. Fracchia, A. A. Armiño e A. Martins, "Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 16, pp. 7-15, 2015. [Online]. Available: <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/356>.

- [7] C. Chen and Y. Tsa, "Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools," *Computers & Education*, vol. 59, no. 2, pp. 638-652, 2012.
- [8] M. E. C. Santos, "Authoring Augmented Reality as Situated Multimedia," em *International Conference on Computers in Education*, Japan: Asia-Pacific, 2014.
- [9] C. Kirner and R. Siscoutto, "Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações," em *Symposium On Virtual And Augmented Reality*, Petrópolis, 2007.
- [10] M. Rosa, "Insubordinação criativa e a cyberformação com professores de matemática: desvelando experiências estéticas por meio de tecnologias de realidade aumentada," *REnCiMa*, vol. 8, no. 4, pp. 157-173, 2017.
- [11] B. Kitchenham et al, "Systematic literature reviews in software engineering - A tertiary study," *Information and Software Technology*, vol. 52, no. 8, p. 792-805, 2010.
- [12] E. S. G. Pereira, "Modelagem matemática e tecnologias digitais educacionais: possibilidades e aproximações por meio de uma revisão sistemática de literatura," *REnCiMa*, vol. 8, no. 2, pp. 80-94, 2017.
- [13] M. M. P. C. Moreira, "Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 35, no. 3, pp. 721-745, 2018.
- [14] F. Herpich, R. Guarese, V. Fratin and L. Tarouco, "Augmented reality impact in the development of formal thinking," em *Immersive Learning Research Network*, Graz, 2018.
- [15] N. Chung, H. Han and Y. Joun, "Tourists' Intention to Visit a Destination: The Role of Augmented Reality (AR) Application for a Heritage Site," *Computers in Human Behavior*, vol. 50, pp. 588-599, 2015.
- [16] F. Rameau, H. Ha, K. Joo et al., "A Real-time Augmented Reality System to See-Through Cars," *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, pp. 2395-2404, 2016.
- [17] J. Kysela and P. Štorková, "Science Direct Using Augmented Reality as a Medium for Teaching History and Tourism," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 174, pp. 926- 931, 2015.
- [18] N. A. A. Majid, H. Mohammed and R. Sulaiman, "Students' Perception of Mobile Augmented Reality Applications in Learning Computer Organization," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 176, pp. 111-116, 2015.
- [19] M. Akçayir et al., "Augmented Reality in Science Laboratories: The Effects of Augmented Reality on University Students' Laboratory Skills and Attitudes toward Science Laboratories," *Computers in Human Behavior*, vol. 57, pp. 334-342, 2016.
- [20] P. M. O'Shea and J. B. Elliott, "Augmented Reality in Education: An Exploration and Analysis of Currently Available Educational Apps," em *Immersive Learning Research Network: Second International Conference*, Santa Barbara, vol. 621, pp. 147-169, 2016, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41769-1_12.
- [21] D. Buchinger, G. Cavalcanti and M. Hounsell, "Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa," *RBCA*, vol. 6, no. 1, pp. 108-120, abr. 2014.
- [22] R. O. Abreu and P. H. Souza, "O uso da realidade aumentada como recurso didático para o estudo do sistema solar," in *Semana de Licenciatura*, Jataí, pp. 299-309, 2015.
- [23] R. O. Abreu and P. H. Souza, "Aplicação de uma sequência didática elaborada com base na tecnologia de realidade aumentada," in *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Uberlândia, pp. 520-529, 2016.
- [24] L. Gomes, V. F. Martins, D. C. Dias and M. d. P. Guimarães, "Music-Ar: Augmented reality in teaching the concept of sound loudness to children in pre-school," in *2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, pp. 114-117, 2014.
- [25] S. Nunes, V. F. Martins and A. G. Corrêa, "Recursos Educacionais Abertos para Apoiar o Ensino Musical," in *Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Águeda, vol. 1, pp. 192-197, 2015.
- [26] Brasil, "Base Nacional Comum Curricular: A Etapa do Ensino Médio - A área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias," 2018. [Online]. Available: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf [Acesso em 10 Janeiro 2019].
- [27] M. D. Silva et al., "Desenvolvimento de uma arquitetura para distribuição de realidade aumentada na web aplicada ao ensino de motores de corrente contínua," in *Igip International Symposium on Engineering Education*, Santos, 2011.
- [28] C. Silveira, V. R. Schuhmacher and S. Elcio, "Objeto Virtual de Aprendizagem em Realidade Virtual Aumentada no Ensino de Ciências," in *COMPUTER ON THE BEACH*, Florianópolis, pp. 95-104, 2014.
- [29] L. D. Oliveira and R. C. Manzano, "Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR," *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE)*, vol. 14, no. 1, pp. 1-10, 2016.
- [30] D. S. Júnior and A. D. D. S. Rebouças, "Realidade Aumentada na Educação: Uma Análise das Ferramentas Flaras e Aumentaty como Recursos para Aulas Expositivas," *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 16, no. 1, pp. 10, 2018, doi: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.86010>.
- [31] L. Araujo et al., "DoctorBio: Um Estudo de Caso sobre a Utilização de Recursos de Realidade Aumentada no Ensino de Ciências Biológicas," in *Workshop De Informática na Escola*, Recife, pp. 294-303, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wie.2017.294>.

[32] O. Yevseyeva et al., "O ensino da Física através de analogias com variantes do jogo de xadrez: Potencializado com realidade aumentada," in *CIAED - Congresso Internacional Abed de Educação a Distância*, Foz do Iguaçu, 2017.

[33] T. Silva et al., "Utilização da realidade aumentada no ensino de Astronomia usando o sensor Kinect," in *XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - Sbgames*, São Paulo, 2013.

[34] F. Herpich et al., "A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications," *Creative Education*, vol. 8, pp. 1433-1451, 2017.

[35] E. Forte and C. Kirner. "Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática," in *Workshop de realidade virtual e aumentada*, Santo, 2009.

[36] W. Bates, "Compreendendo a tecnologia na educação," em *Educar na era digital: design, ensino e aprendizagem*. São Paulo: Artesanato Educacional, 2017, pp. 234- 274.

[37] L. Denardin and R. C. Manzano. "Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física," *Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 15, no. 2, pp. 10, 2017, doi: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.79258>.

[38] W. S. Soares-leite, C. A. Nascimento-ribeiro and C. A. "A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios," *Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 5, no. 10, pp. 173-187, 2012.

[39] R. L. Gonçalves, L. D. Oliveira and M. Vettori, "Avaliação do desenvolvimento de ambiente de Realidade Aumentada elaborados por alunos do ensino médio em aulas de física," in *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, 2017.

[40] T. V. Ferreira, J. S. Ribeiro and M. G. Cleophas, "A Ciência pelas Lentes dos Smartphones: O Potencial do Aplicativo QR Code na Formação Inicial de Professores de Ciências da Natureza," *Revista Thema*, vol. 15, no. 4, pp. 1217-1233, 2018.

[41] Ê. De Oliveira, "Motivação no ensino superior: estratégias e desafios," *Revista Contexto & Educação*, vol. 32, no. 101, pp. 212-232, 2017.

[42] M. A. Moreira. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências, Porto Alegre. 2016. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>.

[43] M. A. Moreira, "Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e Aprender a aprender criticamente," *REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente*, vol. 4, no. 1 pp.2-17, 2011, doi: <https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>.

Informação de Contato dos Autores:

Wilson Vanucci Costa Lima

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria
Brasil

wilsonvanuccicl@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9557-1150>

Felipe Becker Nunes

Antonio Meneghetti Faculdade
Restinga Seca-RS
Brasil

nunesfb@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8431-7416>

Fabício Herpich

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre
Brasil

fabricao_herpich@hotmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1575-0512>

Cesar de Oliveira Lobo

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria
Brasil

cesarolobo@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3601-0545>

Wilson Vanucci Costa Lima

Aluno de Mestrado no Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física (UFSM/Brasil).

Felipe Becker Nunes

Doutorado em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS/Brasil),
Mestrado em Ciência da Computação (PPGI/UFSM/Brasil).

Fabício Herpich

Doutorado em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS/Brasil),
Mestrado em Ciência da Computação (PPGI/UFSM/Brasil).

Cesar de Oliveira Lobo

Doutorado em Física (UFSM/Brasil), Mestrado em Física (UFMG/Brasil).